

### Synchronizácia a časovanie 1/1

- Typy časovania v digitálnych sieťach
- a) **asynchrónne siete** - každé zariadenie pracuje so svojim vlastným taktovacím signálom
- b) **synchrónne siete** - spoločné časovanie zariadení je pevne riadené
  1. **pleziochrónna sieť** - každá jej časť synchronizovaná pomocou vysokopresného taktovacieho signálu z vlastného primárneho referenčného zdroja
  2. **plne synchrónna sieť** - používa iba jeden hlavný referenčný zdroj taktovacieho signálu

### Asynchrónny prenos 1/5

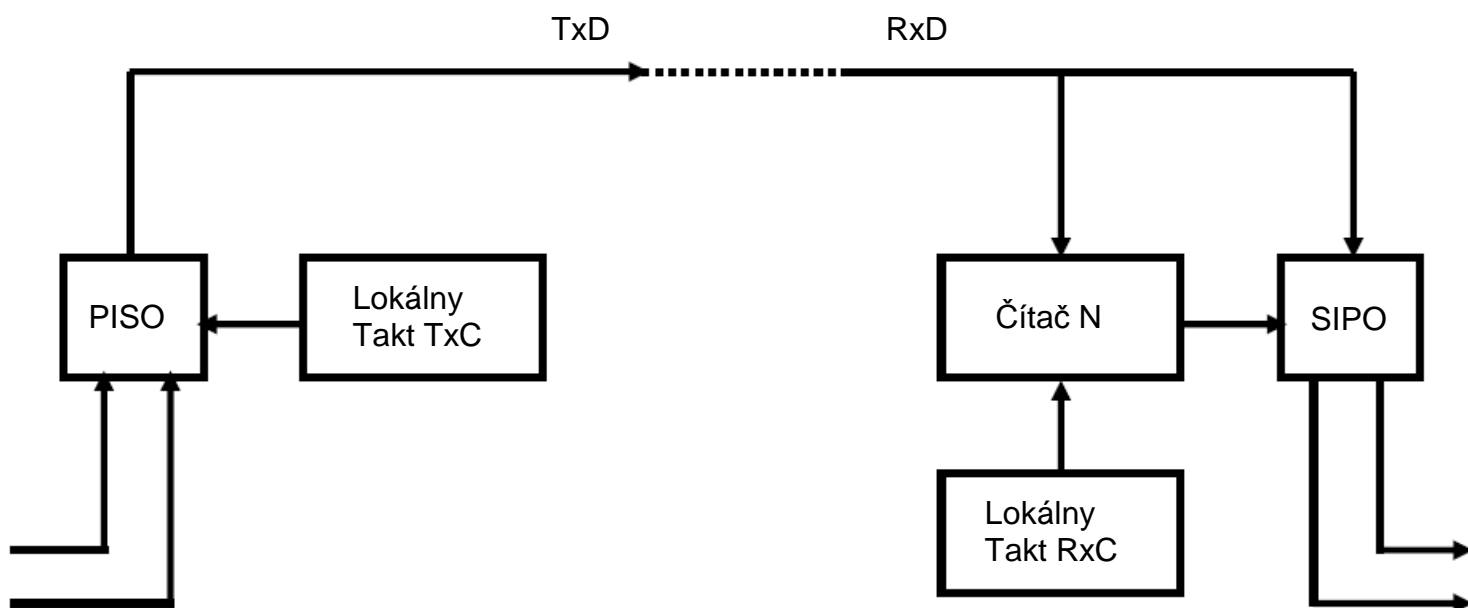
- Základy asynchrónneho prenosu



Má dohodnutú štruktúru – ako majú vyzerat' znaky (štart bit, znak, stop bity), za každým znakom treba štart a stop bit

### Asynchrónny prenos 2/5

- Spôsobu získania bitovej synchronizácie



**PISO** – paralel in, serial out  
**SIPO** – serial in, paralel out

## Asynchrónny prenos 3/5

Časovanie prijímača

taktovacie hodiny prijímača  $RxC$

$$RxC = N * TxC$$

$N$  - mocnina čísla 2 . taktovacie hodiny vysielacza  $TxC$

- čím je  $N$  ( $=1, 2, 4, 8, 16, \dots$ ) väčšie, tým je vzorkovací impulz umiestnený bližšie k stredu bitovej periódy a tým presnejšia je odčítaná hodnota vzorky

## Asynchrónny prenos 4/5

• Vlastnosti asynchrónneho prenosu

- po detekovaní zmeny úrovne signálu na voľnej linke (začiatok nového znaku) sa spustia taktovacie hodiny Prijímača  $RxC$  a generujú sa vzorkovacie impulzy

- 1. vzorkovací impulz je vytvorený za  $N/2$  periód  $RxC$ , ďalšie vzorkovacie impulzy potom za  $N$  periód  $RxC$  – **bitová synchronizácia**

- každý znak začína **štart bitom**, končí **1-2 stop bitmi** a je tvorený 8 bitmi – **znaková synchronizácia**

## Asynchrónny prenos 5/5

• Vlastnosti asynchrónneho prenosu

- každý rámec textových dát začína riadiacim znakom STX (Start of TeXt), končí riadiacim znakom ETX (End of TeXt) – **rámcová synchronizácia**



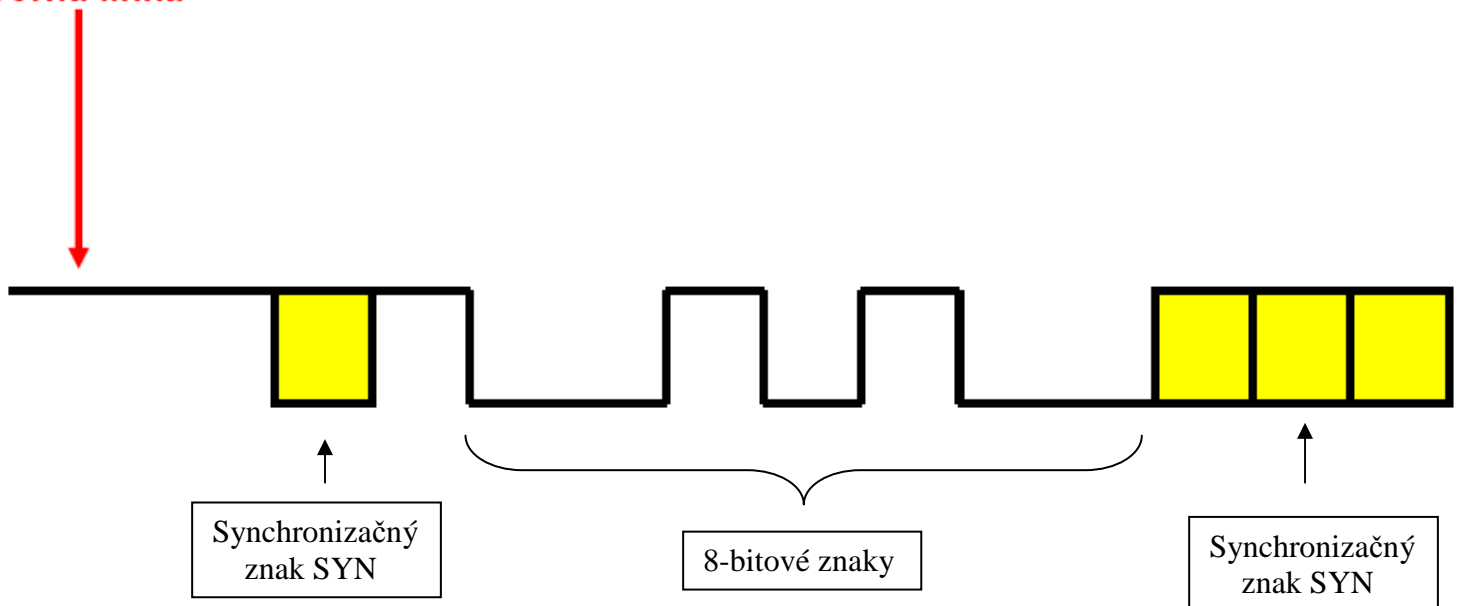
- pre zabezpečenie transparentnosti binárnych dát sa využíva riadiaci znak DLE(Data Link Escape)



## Synchrónny prenos 1/6

• Základy synchrónneho prenosu

voľná linka

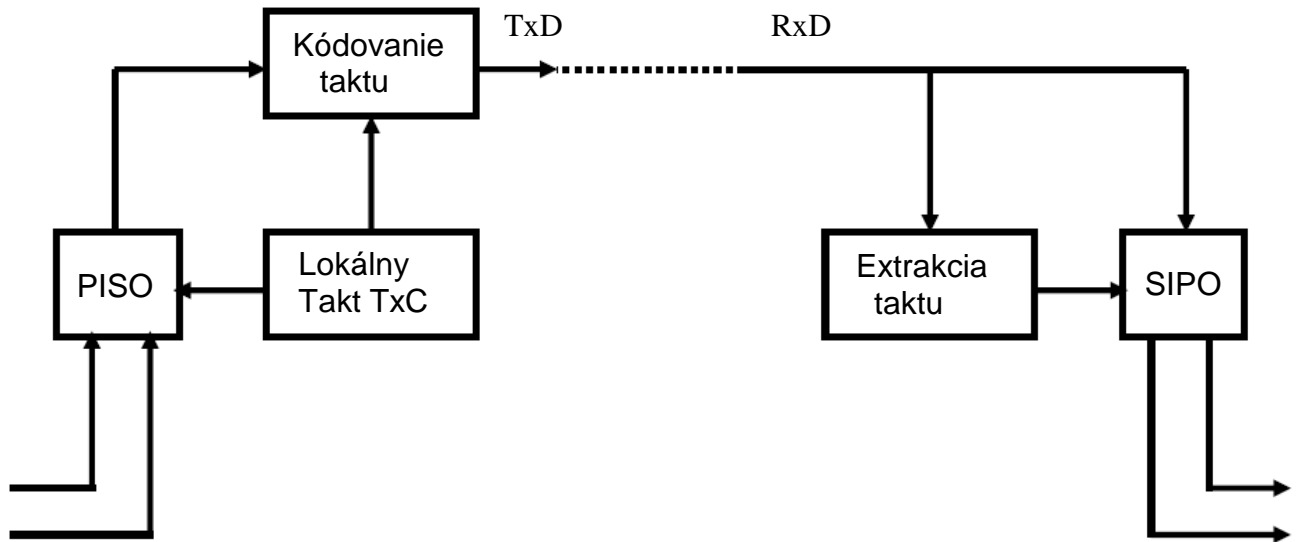


### Synchrónny prenos 2/6

- Spôsoby získania bitovej synchronizácie

- Kódovanie taktu - bipolárny kód, fázový (Manchester) kód, diferenciálny Manchester kód, ...

Synchronizácia iba na strane

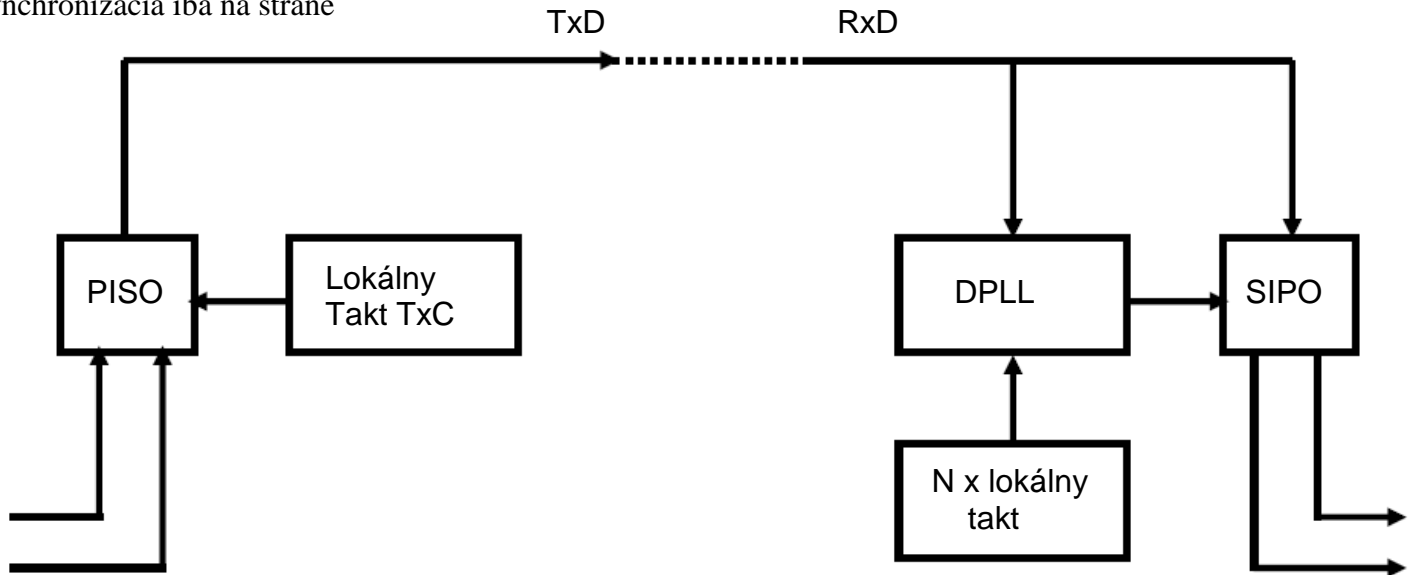


### Synchrónny prenos 3/6

- Spôsoby získania bitovej synchronizácie

- Obvod DPLL (Digital Phase-Locked Loop)

Synchronizácia iba na strane

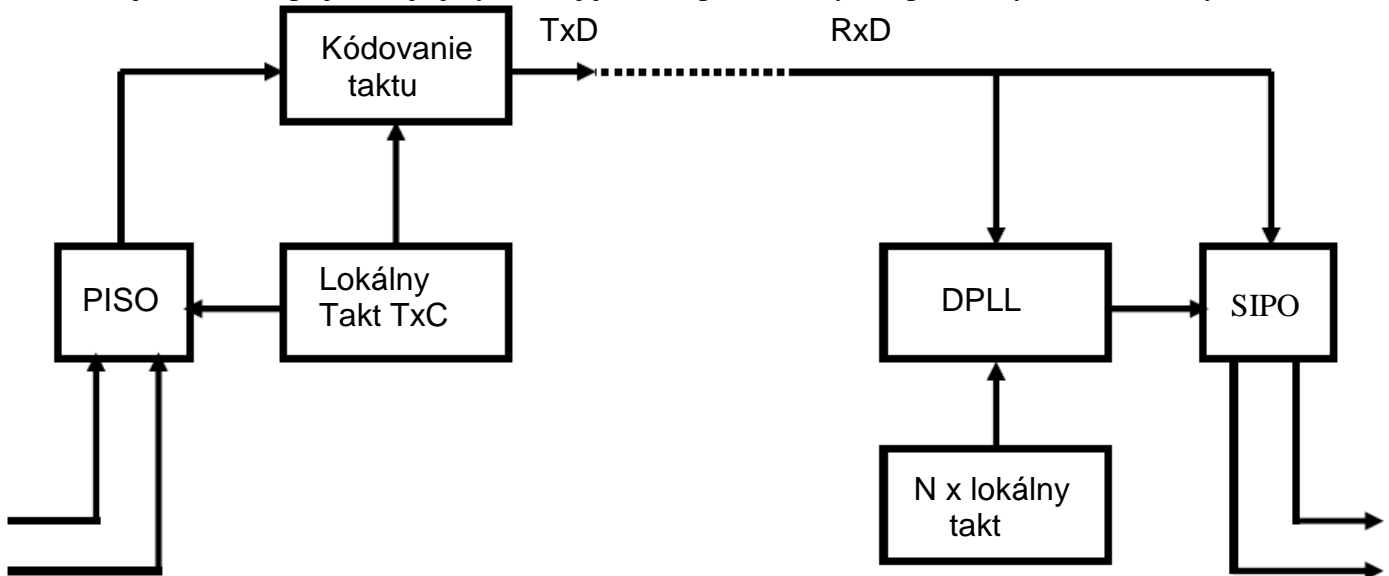


### Synchrónny prenos 4/6

- Spôsoby získania bitovej synchronizácie

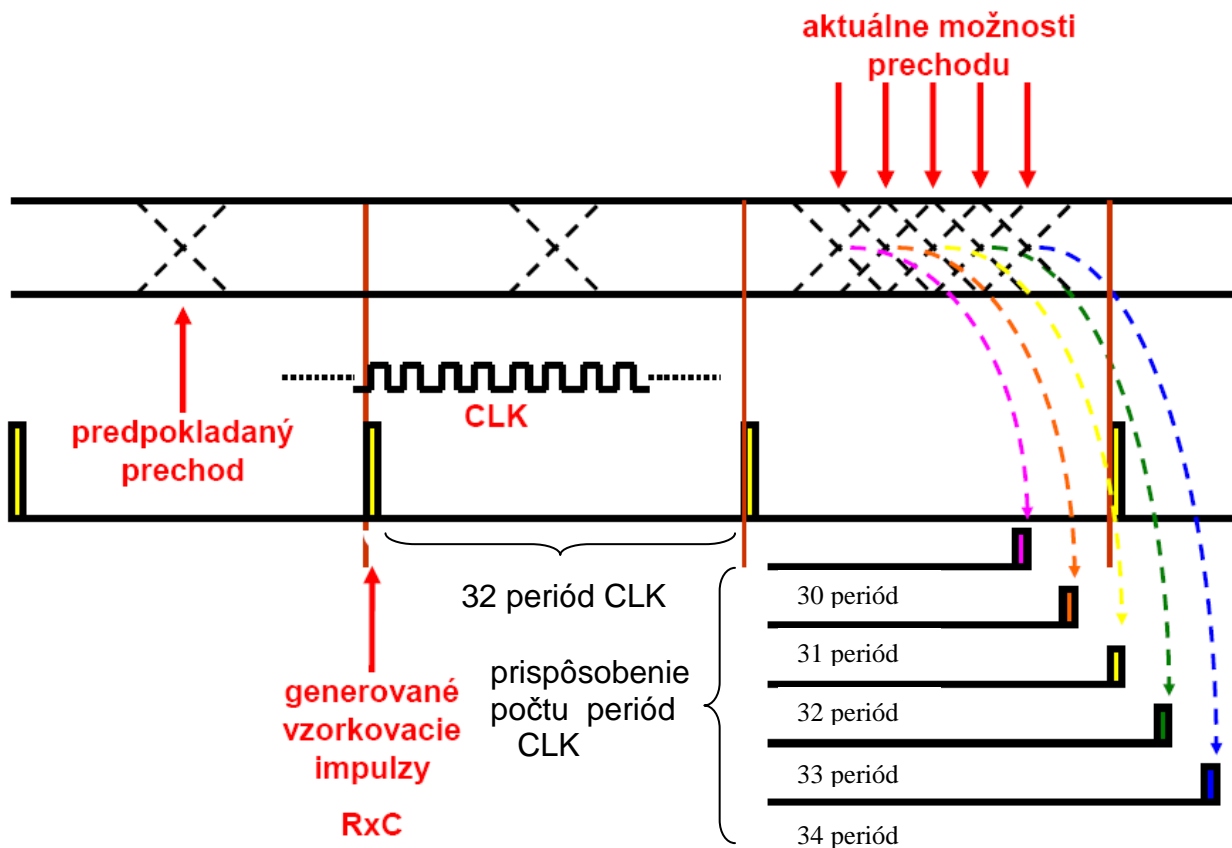
- Hybridný = kódovanie taktu + obvod DPLL

aj na stránke prijímacej aj vysielačej je zabezpečené, aby bol prenos synchronizovaný



## Synchrónny prenos 5/6

- Činnosť obvodu DPLL



Ak nastane prechod skôr resp. neskôr, mení sa počet periód

## Synchrónny prenos 6/6

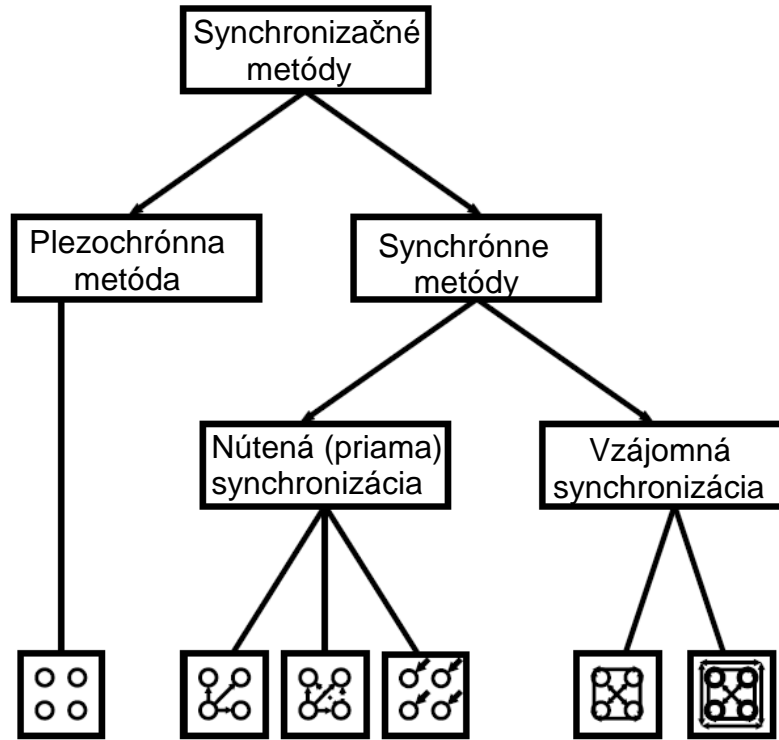
- Vlastnosti synchrónneho prenosu

- prenos znakov-orientovaný: **rámcová synchronizácia** pomocou riadiacich znakov ako pri asynchrónnom prenose



- prenos bitovo-orientovaný: **rámcová synchronizácia** pomocou vopred dohodnutej skupiny bitov (krídlová značka, príznak), dáta sú vyhodnocované bit po bite až po nájdenie danej skupiny bitov

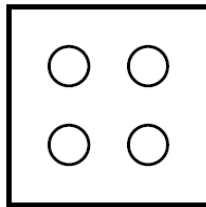
## Základné metódy synchronizácie 1/8



## Základné metódy synchronizácie 2/8

### Pleziokrónna metóda PLM

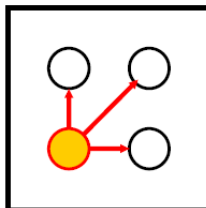
- bez vzájomného riadenia taktu jednotlivých ústrední v sieti (asynchrónna metóda)
- základné oscilátory všetkých ústrední takejto siete musia mať rovnakú frekvenciu, a to s čo najmenšou chybou
- čím je táto chyba menšia, tým je obecné aj strata informácie pri činnosti týchto ústrední menšia



## Základné metódy synchronizácie 3/8

### • Metóda jednosmernej vnúternej synchronizácie s jednostranným riadením taktu JNJR

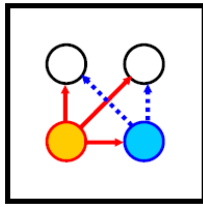
- využíva jednu ústredňu ako nadriadenú - tá určuje frekvenciu taktu nezávisle na ostatných ústredniach
- podriadené ústredne pre svoje riadenie odvodzujú takt pre svoje riadenie z taktu nadriadenej ústredne (metóda master-slave)
- informáciu o skutočnom fázovom posuve dodáva vyrovnávací pamäť v každej podriadenej ústredni



## Základné metódy synchronizácie 4/8

### • Metóda jednosmernej nútenej synchronizácie s obojstranným riadením taktu JNOR

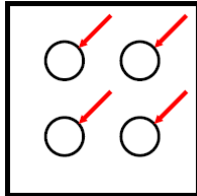
- vhodná najmä pre viacstupňové digitálne siete, keď sa z riadiacej ústredne prenáša takt podľa istej hierarchie cez podriadené ústredne až eventuálne k ústredni najnižšej úrovne (hierarchická metóda master-slave)
- pri vypadnutí taktu je automaticky prepojené riadenie taktu v sieti na ďalšiu nižšiu podriadenú ústredňu



### Základné metódy synchronizácie 5/8

#### Externé riadenie ER

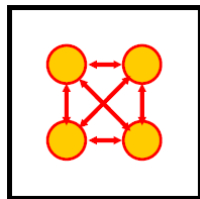
- využíva vonkajší (zvyčajne veľmi presný) frekvenčný normál pre riadenie taktu (napr. GPS)
- všetky ústredne v sieti môžu byť na tento normál pripojené prostredníctvom satelitného alebo káblového spojenia. Potom majú všetky ústredne spoločnú frekvenciu taktu



### Základné metódy synchronizácie 6/8

#### • Metóda vzájomnej synchronizácie s jednostranným riadením taktu VJR

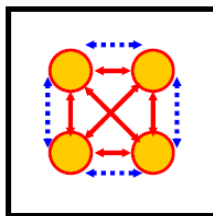
- nevyužíva riadiaci takt z jednej nadriadenej ústredne, všetky ústredne sa na určitú priemernú hodnotu taktu
- nevýhodou tejto metódy je, že najmä zmeny niektorých parametrov prenosového prostredia (teplota okolia) môžu spôsobiť zmeny frekvencie taktu celej siete



### Základné metódy synchronizácie 7/8

#### Metóda vzájomnej synchronizácie s obojstranným riadením taktu VOR

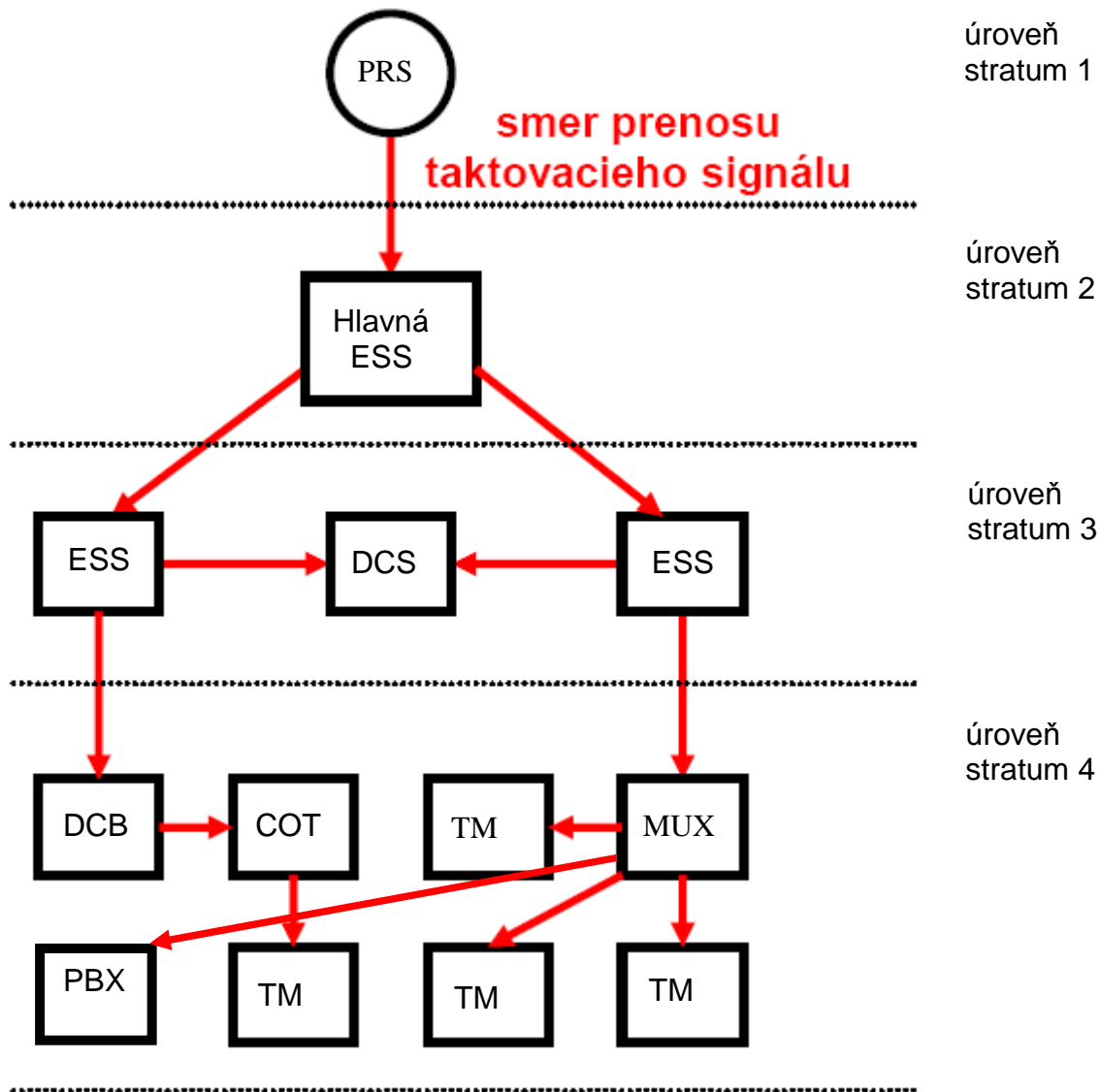
- využíva pre riadenie taktu každej ústredne jednak informáciu o fázových odchýlkach taktu podľa predchádzajúcej metódy, jednak využíva informácie taktu na ostatných ústredniach,
- tak je frekvencia taktu siete do značnej miery nezávislá na zmenách parametrov prenosových ciest.



### Základné metódy synchronizácie 8/8

- V súčasnej dobe sa v budovaných digitálnych prenosových sieťach používajú prevažne metódy nútenej alebo vzájomnej synchronizácie, teda metódy synchronne, v nižších úrovniach sietí potom aj metóda pleziochrónna, a to v rôznych variantoch alebo so špeciálnym vybavením splňujúcim najrozličnejšie funkcie podľa požiadaviek na digitálne siete, v ktorej sa uplatňujú.

## Synchronná časovacia hierarchia SDH



## Synchronná časovacia hierarchia SDH

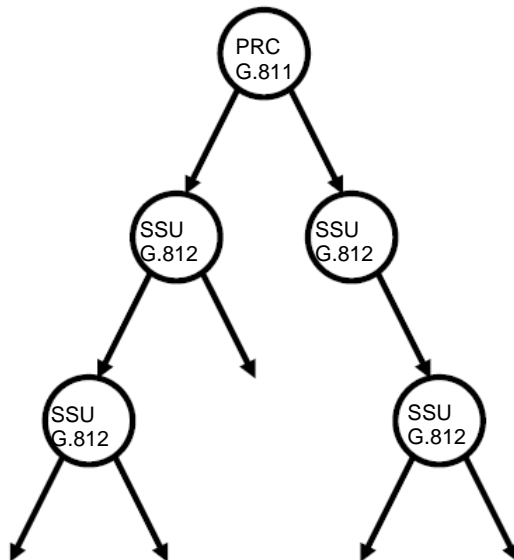
Úroveň STRATUM	Minimálna presnosť	Sieťové zariadenie	Výskyt preskokov
1	$\pm 1,0 \times 10^{-11}$ *	PRS	2,523/rok
2	$\pm 1,6 \times 10^{-8}$	Hlavný ESS	11,06/deň
3	$\pm 4,6 \times 10^{-6}$	ESS, DCS	132,48/hod
4	$\pm 3,2 \times 10^{-5}$	MUX, PBX, DCB, COT	15,36/min

## Synchronizácia sieťových elementov

- Zdroje taktovacieho signálu
  - primárne referenčné hodiny PRC (ITU-TG.811) - najvyššia možná presnosť taktovacieho signálu dosiahnutá s vysokopresnými atómovými hodinami, napr. GPS  
„master“
  - synchronizačná napájacia jednotka SSU (G.812) - schopná zabezpečiť veľmi kvalitnú synchronizáciu sieťových zariadení aspoň na dobu 24 hodín  
„slave“
  - synchronne taktovacie zariadenie SEC (G.813) - schopné udržať vzájomnú synchronizáciu sieťových zariadení na dobu asi len 15 sekúnd

## Synchronizácia sieťových elementov

- Synchronizácia master-slave



Synchronizácia sieťových elementov

- Sieťové časovanie SSL a SEC

## Synchronizácia sieťových elementov

Regenerácia taktovacieho signálu v SSU a SEC

**Obvody fázového závesu PLL** - uskutočňuje sa korekcia taktovacieho signálu podľa teploty oscilátora a korekčných hodnôt

Metódy distribúcie taktovacieho signálu

- externý štandardný primárny referenčný zdroj
- časovanie zo signálu STM-1
- časovanie z prítokového signálu 2,048 Mbit/s prenášaného v sieti SDH
- obnovenie taktovacieho signálu pomocou vnútorných hodín sieťového prvku SEC.

### Jitter a wander

- Jitter** - krátkodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou nad 10 Hz od centrálnej frekvencie.
- Zdroje jittera :
  - biely šum, presluchy signálov, komponenty
  - medzisymbolová interferencia, regenerácia impulzov
  - vkladanie a vyberanie bitov (stuffing)
- Tri základné typy jittera:
  - nesystematický
  - systematický
  - stuffingový

### Jitter a wander

- Wander** - dlhodobá odchýlka fázy číslicového signálu od jeho optimálnej pozície v čase, ktorá zahŕňa všetky odchýlky s frekvenciou pod 10 Hz od centrálnej frekvencie.
- Zdroje wandera :
  - pri hranici medzi dvoma sieťami, ktoré majú samostatné zdroje taktovacieho signálu PRC
  - medzi master a slave hodinami ako zdrojmi taktovacieho signálu v rámci jednej siete

